

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной работе

А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Строительная механика ракет

Специальность 24.05.01 -«Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов»

Специализация образовательной программы – Эксплуатация стартовых и технических комплексов и систем жизнеобеспечения

Квалификация выпускника инженер

Год набора 2021

Форма обучения очная

Курс 3, семестр 5,6

Экзамен 5, 6 семестр

Общая трудоемкость дисциплины 324 (акад. час.), 9 з.е.

Составитель: Соловьев В.В. доцент, канд. техн. наук

Факультет Инженерно-физический

Кафедра Стартовые и технические ракетные комплексы

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.01 – «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 12.08.2020 № 964

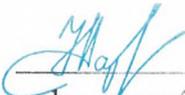
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры «Стартовые и технические ракетные комплексы»

« 1 » сентября 2021 г., протокол № 1

Зам. заведующего кафедрой  В.В. Соловьев

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

 Н.А. Чалкина
« 1 » сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

 В.В. Соловьев
« 1 » сентября 2021 г.

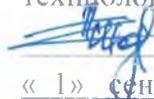
СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

 О.В. Петрович
« 1 » сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр информационных и образовательных технологий

 Годосейчук А. А.
« 1 » сентября 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины - создание достаточной теоретической базой для последующего освоения студентами курса «Прочность летательных аппаратов».

Задачи дисциплины:

1. Усвоение студентами гипотез и подходов, лежащих в основе расчёта стержневых систем, пластин и оболочек;
2. Знакомство с постановкой, математическим аппаратом и приёмами решения конкретных задач;
3. Овладение навыками расчёта типовых конструктивных элементов на прочность и устойчивость.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Строительная механика ракет» относится к дисциплинам специализации образовательной программы. Изучение данной дисциплины базируется на знаниях, умениях и компетенциях студента, полученных при изучении предшествующих дисциплин, среди которых наиболее важное значение имеют: высшая математика, теоретическая механика, сопротивление материалов.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен организовывать и контролировать выполнение работ на всех этапах эксплуатации комплексов и систем заправки РН, РБ и КА компонентами ракетного топлива	ИД – 1 ПК-1 Знать: - выполнение работ на всех этапах эксплуатации комплексов и систем заправки РН, РБ и КА компонентами ракетного топлива ИД – 2 ПК-1 Уметь: - организовывать и контролировать выполнение работ на всех этапах эксплуатации комплексов и систем заправки РН, РБ и КА компонентами ракетного топлива ИД – 3 ПК-1. Владеть: организацией и контролем выполнения работ на всех этапах эксплуатации комплексов и систем заправки РН, РБ и КА компонентами ракетного топлива

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц, 324 академических часа.

№	Тема (раздел дисциплины)	Семестр	Виды контактной работы и трудоёмкость (в академических часах)					Контроль (академических часов)	Самостоятельная работа (академических часов)	Формы текущего контроля успеваемости)
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КЭ			
1	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	5	11	11	6			8	Самостоятельная работа. Тест	

№	Тема (раздел дисциплины)	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)					Контроль (академических часах)	Самостоятельная работа (академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости)
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КЭ			
2	Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	5	11	11	6			8	Самостоятельная работа. Тест	
3	Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений	5	12	12	4			8	Самостоятельная работа. Тест	
4	Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность	6	8	4	4			19,5	Тест	
5	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	6	8	4	4			19,5	Самостоятельная работа	
6	Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	6	9	4	4			19,5	Самостоятельная работа.	

№	Тема (раздел дисциплины)	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)					Контроль (академических часах)	Самостоятельная работа (академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости)
			Л	ПЗ	ЛР	ИКР	КЭ			
7	Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	6	9	4	4			19,5	Самостоятельная работа. Тест	
9	Экзамен	5					0,3	35,7		
10	Экзамен	6					0,3	35,7		
	Итого		68	50	32		0,6	71,4	102	

Л-лекции, ПЗ- практические занятия, ЛР – лабораторная работа, ИКР – иная контактная работа, КЭ – контроль на экзамене.

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Лекции

№ п/п	Наименование темы(раздела)	Содержание темы (раздела)
1.	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	Балочная теория расчёта тонкостенных конструкций. Нормальные напряжения. Касательные напряжения в тонкостенной конструкции с открытым, однозамкнутым и многозамкнутым сечением.
2.	Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	Безмоментная теория оболочек вращения. Основные уравнения при осесимметричном нагружении.
3.	Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений	Изгиб пластин. Дифференциальное уравнение изгиба. Расчёт напряжений
4.	Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность	Устойчивость пластин. Дифференциальное уравнение устойчивости пластины. Расчёт пластины на устойчивость за пределом пропорциональности
5.	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения	Осесимметричный изгиб цилиндрической оболочки. Дифференциальное уравнение изгиба цилиндрической обо-

№ п/п	Наименование темы(раздела)	Содержание темы (раздела)
	ния. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	лочки. Решение уравнения изгиба для длинной оболочки. Расчёт короткой цилиндрической оболочки.
6.	Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	Метод конечных элементов. Плоский треугольный и прямоугольный конечные элементы.
7	Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	Уравнение Лагранжа. Теория упругости. Основы принципа Кастильяно»

5.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование темы(раздела)	Содержание темы (раздела)
1.	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	Расчёт балки на изгиб методом Ритца.
2.	Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	Расчёт тонкостенных конструкций с открытым контуром поперечного сечения
3.	Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений	Расчёт тонкостенных конструкций с замкнутым контуром поперечного сечения.
4.	Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность	Решение задач в случае, когда обшивка работает только на сдвиг.
5.	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	Расчёт оболочек вращения по безмоментной теории.
6.	Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	Расчёт тонкостенной конструкции с замкнутым контуром поперечного сечения, имеющего вертикальную ось симметрии.
7.	Вариационные методы теории упругости. Вариационное урав-	Дифференциальное уравнение изгиба цилиндрической оболочки. Решение уравнения из-

№ п/п	Наименование темы(раздела)	Содержание темы (раздела)
	ление Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	гиба для длинной оболочки. Расчёт короткой цилиндрической оболочки.

5.3. Лабораторные занятия

№ п/п	Наименование темы(раздела)	Содержание темы (раздела)
1.	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	Исследование напряжённого состояния плоской сварной стержневой системы.
2.	Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследования геометрической неизменяемости и решения ферм	Исследование напряжённого состояния круглого шпангоута.
3.	Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферментный и балочный элементы. Построение матрицы жесткости стержневой системы и определение узловых перемещений	Исследование напряжённого состояния четырёхлопастного кессона при изгибе.
4.	Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность	Исследование напряжённого состояния цилиндрического бака со сферическими днищами.
5.	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	Исследование закритической работы балки с тонкой стенкой типа лонжерона
6.	Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	Решение плоской задачи теории упругости методом конечных элементов.
7.	Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	Расчёт составной оболочки вращения при осесимметричном нагружении по безмоментной теории.

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Форма (вид) самостоятельная работа	Трудоемкость (акад.час.)
1.	Введение. Предмет и задачи курса. Понятие о расчётной схеме сооружения, конструкции	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 1, конспект по теме, подготовка к защите работы	8
2.	Строительная механика статически определимых ферм. Методы исследо-	Подготовка отчета к выполнению практической	8

	вания геометрической неизменяемости и решения ферм	работы № 2, конспект по теме, подготовка к защите работы	
3.	Матричный метод перемещений для стержневых систем. Ферменный и балочный элементы. Построение матрицы жёсткости стержневой системы и определение узловых перемещений	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 3, конспект по теме, подготовка к защите работы	8
4.	Испытание оборудования систем заправки, газоснабжения и термостатирования на герметичность	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 4, конспект по теме, подготовка к защите работы	19,5
5	Основы теории упругости. Тензоры напряжений и деформаций. Статические, геометрические и физические соотношения. Решение задачи теории упругости в перемещениях и напряжениях	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 5, конспект по теме, подготовка к защите работы	19,5
6	Плоская задача теории упругости. Плоская деформация и обобщённое плоское напряжённое состояние. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полярных координатах	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 6, конспект по теме, подготовка к защите работы	19,5
7	Вариационные методы теории упругости. Вариационное уравнение Лагранжа. Вариационный принцип Кастильяно	Подготовка отчета к выполнению практической работы № 7, конспект по теме, подготовка к защите работы	19,5

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Интегральная модель образовательного процесса по дисциплине формируют технологии методологического уровня: технология поэтапного формирования умственных действий, технология развивающего обучения, элементы технологии развития критического мышления, самоуправление. На занятиях используются методы активного обучения, как «Проблемная лекция». Перед изучением модуля обозначается проблема, на решение которой будет направлен весь последующий материал модуля. При чтении лекции используются мультимедийные презентации. При выполнении практических работ используется прием интерактивного обучения «Кейс-метод»: студентам выдается задание для подготовки к выполнению работы; с преподавателем обсуждается цель работы и ход её выполнения; цель анализируется с разных точек зрения, выдвигаются гипотезы, делаются выводы, анализируются полученные результаты.

Рекомендуется использование информационных технологий при организации коммуникаций со студентами для предоставления информации, выдача рекомендаций и консультирование по оперативным вопросам (электронная почта).

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Примерные вопросы для сдачи экзамена

Семестр 5

1. Способы образования ферм
2. Прикрепление ферм к опорам

3. Необходимые условия геометрической неизменяемости и статической определимости ферм
4. Методы исследования геометрической неизменяемости ферм
5. Методы определения усилий в стержнях ферм
6. Понятие о матрице жесткости
7. Преобразование координатных осей
8. Матрица жесткости ферменного элемента
9. Матрица жесткости балочного элемента в местной системе координат
10. Матрица жесткости балочного элемента при изгибе его в одной
11. плоскости
12. Матрица жесткости балочного элемента в общих координатах
13. Учет внеузловой нагрузки
14. Объединение элементов в стержневую систему и построение ее матрицы жесткости
15. Сокращение матрицы жесткости стержневой системы и определение узловых перемещений
16. Определение нормальных напряжений при изгибе тонкостенных конструкций
17. Расчет касательных напряжений
18. Работа тонкостенных конструкций с многозамкнутым контуром

Семестр 6

1. Гипотезы теории упругости
2. Основные определения и обозначения
3. Дифференциальные уравнения равновесия
4. Напряжения в наклонных площадках. Статические граничные условия
5. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений
6. Соотношения между деформациями и перемещениями (соотношения Коши)
7. Уравнения совместности деформаций
8. Закон Гука для трехосного напряженного состояния
9. Схемы решения задач теории упругости
10. Решение задачи теории упругости в перемещениях
11. Решение задачи теории упругости в напряжениях
12. Плоская деформация
13. Обобщенное плоское напряженное состояние
14. Основные соотношения плоской задачи
15. Решение плоской задачи теории упругости в напряжениях
16. Понятие о функции напряжений
17. Решение плоской задачи теории упругости в полиномах
18. Решение плоской задачи в тригонометрических рядах
19. Основные соотношения плоской задачи теории упругости в полях
20. координатах
21. Работа внешних сил
22. Потенциальная энергия деформации
23. Вариационное уравнение Лагранжа
24. Метод Ритца
25. Основные определения и гипотезы теории пластин
26. Дифференциальное уравнение изгиба пластины
27. Граничные условия на контуре пластины

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература:

1. Савельев, Л. М. Строительная механика летательных аппаратов [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие. - Самара, 2011. - 235 с. – Режим доступа : <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Stroitel'naya-mehanika-letatelnyh-apparatov-Elektronnyi-resurs-elektron-ucheb-posobie-54695>

2. Дарков, А.В. Строительная механика [Электронный ресурс] : учеб. / А.В. Дарков, В.А. Шапошников. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 656 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/121>

3. Васильков, Г.В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Г.В. Васильков, З.В. Буйко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 256 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5110>

4. Зацепина, М. В. Балочная теория расчета тонкостенных конструкций [Электронный ресурс] : учеб. пособие. - Самара: Изд-во СГАУ, 2012. – Режим доступа : <http://repo.ssau.ru/handle/Uchebnye-posobiya/Balochnaya-teoriya-rascheta-tonkostennyh-konstruktsii-Elektronnyi-resurs-ucheb-posobie-54967>.

5. Строительная механика несущих конструкций и механизмов стартового оборудования [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / В.С. Абакумов [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. — 23 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52105>.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
1	http://www.iprbookshop.ru/	Электронно-библиотечная система IPRbooks – научно-образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу. Концепт ЭБС IPRbooks отвечает требованиям стандартов высшей школы, СПО, дополнительного и дистанционного образования. ЭБС IPRbooks в полном объеме соответствует требованиям законодательства РФ в сфере образования.
2	ЭБС ЮРАЙТ http://urait.ru	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.
3	http://www.e.lanbook.com	Электронная библиотечная система «Издательства Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки, химия

№	Наименование ресурса	Краткая характеристика
4	Операционная система MS Windows 10 Education	Операционная система MS Windows 10 Education - DreamSparkPremiumElectronicSoftwareDelivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 г.
5	7-Zip	Программа-архиватор, бесплатное распространение по лицензии GNU LGPL http://www.7-zip.org/license.txt
6	LibreOffice	Пакет прикладных программ, бесплатное распространение по лицензии MozillaPublicLicenseVersion 2.0 http://www.libreoffice.org/download/license/
7.	http://repo.ssau.ru	Репозиторий (электронный научный архив) создан для длительного хранения, накопления и обеспечения долговременного и надежного открытого доступа к результатам научных исследований университета. Используя репозиторий Самарского университета (до 2016 года – Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева (национальный исследовательский университет) (СГАУ) и Самарский государственный университет (СамГУ)), можно получить доступ к монографиям, авторефератам, диссертациям, выпускным квалификационным работам, научным статьям, нормативным документам, справочным, учебным и методическим пособиям, аудио и видеоконтенту. В электронном каталоге репозитория размещены работы по техническим научным направлениям, связанным с аэрокосмической техникой, материалами и технологиями; двигателестроением, динамикой и виброакустикой машин; информатикой и фотоникой; фундаментальными исследованиями для перспективных технологий. Гуманитарные исследования представлены работами в области лингвистики, литературоведения, истории, охраны окружающей среды, математики, химии, физики и других науках. Возможен полнотекстовый поиск по автору, заглавию, дате публикации, предмету, типу документа, а также просмотр публикаций по структурным подразделениям университета.

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	http://www.kerc.msk.ru	Исследовательский центр им. М.В. Келдыша. На сайте в открытом доступе размещены полные тексты публикаций сотрудников центра, материалы конференций, патенты.
2	https://ccoruspace.me/	Космонавтика и авиация. Новости космонавтики. Запуски ракет. Характеристики спутников. Отказы ракетно-космической техники. Авиация. Промыш-

№	Наименование	Описание
		ленное производство. Рыночные исследования.
3	www.makeyev.ru	АО «Государственный ракетный центр им. академика В.П. Макеева»
4	www.vniiem.ru	АО «Научно-производственная корпорация «Космические системы мониторинга, информационно-управляющие и электромеханические системы имени А.Г. Посифьяна»
5	www.laspace.ru	АО «НПО им. С.А. Лавочкина»
6	www.samspace.ru	АО «Ракетно-космический центр «Прогресс»
7	http://www.wiki-prom.ru/	Современная энциклопедия промышленности России.
8	http://arc.iki.rssi.ru/Welcome.html	Сайт Института Космических Исследований
9	https://www.roscosmos.ru/	Сайт Госкорпорации "РОСКОСМОС"
10	http://www.russian.space/	ФГУП «Центр эксплуатации объектов наземной космической инфраструктуры (ЦЭНКИ)»

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, практических работ с лабораторным оборудованием, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета. На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе процессора IntelPentium, проектор.